

## RESUMÉ et MOTS CLÉS

Pour la diffusion sur le *web*

**TITRE EN FRANÇAIS :** *Analyse du comportement statique et dynamique d'un composite sandwich à âme architecturée et constituants naturels : optimisation des formes de l'âme auxétique.*

**Résumé en français :**

L'objectif de cette thèse est l'étude statique, dynamique et vibratoire de composites sandwich à structures architecturées biosourcées. Ces métamatériaux sont conçus et optimisés avec différentes formes architecturées : certains ont un comportement auxétique. Ces matériaux biosourcés sont élaborés par la technique dite de la fabrication additive "impression 3D". La résine et les fibres sont choisis en raison de leur caractère renouvelable et biodégradable : résine PLA (l'acide polylactique) et fibres courtes de lin (Lin/PLA). Les éprouvettes sont imprimées avec différentes géométries (familles hexagonale et chirale) et différents nombres de cellules élémentaires suivant la largeur des éprouvettes. Tout d'abord, les propriétés du matériau imprimé sont déterminées et comparées à celles du fournisseur. Puis les propriétés élastiques de toutes les structures architecturées sollicitées à des chargements de traction et de compression sont présentées. L'étude du comportement des sandwichs sous chargement quasi-statique de flexion et d'indentation est réalisé ; les résultats des différentes architectures pour les différents nombres de cellules sont proposés. Des calculs par éléments finis sont développés ; ces simulations numériques sont effectuées en parallèles des essais expérimentaux. Pour tous les essais expérimentaux, un suivi par émission acoustique (EA) ainsi que des observations microscopiques sont réalisés afin d'identifier les mécanismes d'endommagement et leur évolution. Les propriétés des sandwichs sont étudiées en fatigue pour estimer leurs capacités à dissiper l'énergie. Enfin, des études expérimentales et des simulations numériques du comportement vibratoire des structures architecturées sont réalisées. L'influence de la topologie de la cellule élémentaire dans l'amortissement des structures architecturées est discutée. Les modules de rigidité des structures sont ainsi comparés entre eux afin de mieux comprendre leurs performances dynamiques de ces métamatériaux.

**MOTS-CLÉS en français (8 maximum) :**

- |                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| 1 Structures architecturée | 5 Composite biosourcé |
| 2 Impression 3D            | 6 Fatigue             |
| 3 Métamatériaux            | 7 Amortissement       |
| 4 Auxétique                | 8 Émission acoustique |

**TITRE EN ANGLAIS :** *Analysis of the static and dynamic behavior of a sandwich composite with an architectural core and natural constituents : optimization of auxetic core shapes.*

**Résumé en anglais :**

The objective of this thesis is to study mechanical behavior of composite sandwich with biosourced architectural structures. These metamaterials are designed and optimized with different architectural shapes: some have auxetic behavior. These biosourced materials are produced using the additive manufacturing technique "3D printing". Resin and fibers are chosen for their renewable and biodegradable character: PLA resin (polylactic acid) and short flax fibers (flax/PLA). Specimens are printed with different geometries (hexagonal and chiral families) and different numbers of elementary cells, depending on specimen width. First, the properties of the printed material are determined and compared with those of the supplier. Next, the elastic properties of all architectural structures subjected to tensile and compressive loading are presented. The behavior of the sandwiches under quasi-static bending and indentation loading is studied, and the results of the different architectures for different numbers of cells are presented. Finite element calculations are developed; these numerical simulations are carried out in parallel with the experimental tests. For all experimental tests, acoustic emission (AE) monitoring and microscopic observations are carried out to identify damage mechanisms and their evolution. Sandwich properties are studied in fatigue to assess their ability to dissipate energy. Finally, experimental studies and numerical simulations of the vibratory behavior of architecturally-engineered structures are carried out. The influence of the topology of the elementary cell on the damping behavior of architecturally-engineered structures is discussed. The stiffness moduli of the structures are compared with each other to better understand the dynamic performance of these metamaterials.

**MOTS-CLÉS en anglais (8 maximum) :**

- |                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| 1 Architectural structures | 5 Bio-based composite |
| 2 3D printing              | 6 Fatigue             |
| 3 Metamaterials            | 7 Damping             |
| 4 Auxetic                  | 8 Acoustic emission   |